

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H04B 7/08

H04B 1/69 H04B 7/26

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01141007.8

[43] 公开日 2002 年 5 月 1 日

[11] 公开号 CN 1347205A

[22] 申请日 2001.8.25 [21] 申请号 01141007.8

[30] 优先权

[32] 2000.8.25 [33] JP [31] 256549/00 ✓

[71] 申请人 日本电气株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 吉田尚正

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

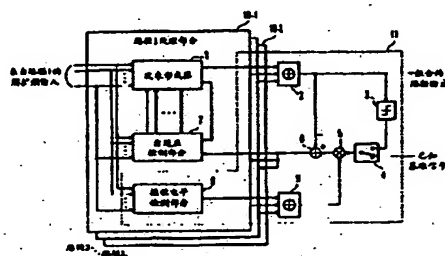
代理人 张志醒

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图页数 9 页

[54] 发明名称 自适应天线接收设备

[57] 摘要

一种自适应天线接收设备包括一个基准信号电平确定部分,接收电平检测部分,和波束形成器。该基准信号电平确定部分根据波束形成之前每个天线的接收电平确定基准信号电平以产生天线自适应控制使用的误差信号。该接收电平检测部分根据通过各个天线所接收多路信号和基准信号电平确定部分输出的误差信号计算出各个路径的天线加权系数。该波束形成器接收所接收多路信号并且按照接收电平检测部分输出的天线加权系数形成各个路径的天线方向性波束。



权利要求书

1. 一种自适应天线接收设备, 通过多个天线接收来自具有相同载波的多个用户的多路信号, 并且通过自适应形成天线方向性波束接收所希望用户信号, 而同时抑制其它用户的干扰信号, 其特征在于包括:

用于确定基准信号电平的确装置 (11, 31), 根据波束形成之前每个天线的接收电平产生天线自适应控制使用的误差信号;

多个自适应控制装置 (8, 30), 根据通过各个天线所接收多路信号和上述确定装置输出的误差信号计算出各个路径的天线加权系数; 和

多个波束形成器 (1, 21), 用于接收所接收的多路信号并且按照上述自适应控制装置输出的天线加权系数形成各个路径的天线方向性波束。

2. 按照权利要求 1 的一种设备, 其中多路信号是码分多址 (CDMA) 信号。

3. 按照权利要求 1 的一种设备, 其中上述确定装置根据波束形成之前各个天线的路径接收电平总和确定一个基准信号电平。

4. 按照权利要求 1 的一种设备, 其中上述确定装置根据波束形成之前每个天线的路径接收电平确定每个路径的一个基准信号电平。

5. 按照权利要求 2 的一种设备, 其中

所述确定装置包括:

第一组合装置 (2), 用于组合来自对应各个路径的所述波束形成器的波束形成器输出;

确定装置 (3), 用于确定所述第一组合装置的一个输出作为一个传输信号;

开关装置 (4), 用于选择地切换所述确定装置输出的一个确定信号和一个已知基准信号以输出该信号作为一个基准信号;

多个接收电平检测装置 (8), 用于根据所接收的解扩频信号检测每个路径的接收电平;

第二组合装置 (9), 用于组合所述接收电平检测装置输出的各个路径的接收电平;

乘法装置 (5), 用于将所述第二组合装置输出的基准信号电平与来自所述开关装置的基准信号相乘; 和

减法装置 (6)，通过将来自所述第一组合装置的输出减去来自所述乘法装置的输出产生一个误差信号。

6. 按照权利要求 5 的一种设备，其中

所述接收电平检测装置包括：

- 5 传输信道估计装置 (41)，用于估计每个路径的每个天线的传输信道；
幅度检测装置 (42)，用于计算从所述传输信道估计装置输出的绝对值；
幅度求平均装置 (43)，用于对在单元之间的所述幅度检测装置的输出求平均；和
平方装置 (44)，用于平方来自所述幅度求平均装置的输出。

10 7. 按照权利要求 2 的一种设备，其中

所述确定装置包括：

组合装置 (22)，用于组合来自对应各个路径的所述波束形成器的波束形成器输出；

确定装置 (23)，用于确定来自所述组合装置的输出作为传输信号；

15 开关装置 (24)，用于切换来自所述确定装置输出的一个确定信号和一个已知基准信号以输出作为基准信号的信号；

多个接收电平检测装置 (30)，用于根据解扩频信号检测每个路径的接收电平；

20 多个乘法装置 (27)，用于将各个路径的接收电平、来自所述接收电平检测装置的输出和所述开关装置输出的基准信号相乘；和

多个减法装置 (28)，用于通过将来自所述波束形成器的输出减去来自所述乘法装置的输出产生各个路径的误差信号。

8. 按照权利要求 7 的一种设备，其中

所述接收电平检测装置包括：

- 25 传输信道估计装置 (51)，用于估计每个路径的每个天线的传输信道；
幅度检测装置 (52)，用于计算所述传输信道估计装置的输出绝对值；和
幅度求平均装置 (53)，用于对在单元之间的所述幅度检测装置的输出求平均。

自适应天线接收设备

5 发明背景

本发明涉及一种自适应天线接收设备，用于接收码分多址（CDMA）信号并且自适应地形成天线方向性波束以接收所希望用户信号，同时抑制其它用户干扰信号。

10 CDMA 方案有增加用户容量的潜力并且有希望成为下一代移动通信蜂窝系统的无线接入方案。可是，在基站接收方，出现了由于利用相同载波同时接入产生其它用户信号干扰的问题。作为消除这种干扰的一种方法，可使用利用阵列天线的方法。

15 一个阵列天线通过多个天线接收信号并且执行复数的加权组合。利用该操作，通过每个天线所接收信号的幅度和相位被控制形成方向性波束，以便接收所希望用户信号，并且抑制其它用户的干扰信号。一个自适应阵列天线是用于通过自适应控制形成这种方向性波束的设备。

20 图 6 表示了常规自适应天线接收设备。参照图 6，按照移动通信环境中的多径传播信道自适应天线接收设备具有对应路径数量的 L 个路径处理部分 107-1 到 107-L。自适应天线接收设备为相应的 L 个路径形成方向性波束以接收来自这些路径的信号，并且将接收信号组合以获得高质量接收信号。路径处理部分 107-1 到 107-L 具有相同设计。每个部分包括一个波束形成器 101 和自适应控制部分 106。

波束形成器 101 利用所希望用户的扩频码接收在每个路径定时所获得的扩频信号，并且执行复数的加权组合形成每个路径的方向性波束。

25 一个组合器 102 组合来自各个波束形成器 101 的输出。一个确定单元 103 确定具有最高概率的传输信号为接收信号，并且输出用户确定码元。如果存在已知基准信号，则一个开关 104 被切换以输出已知基准信号给减法器 105 作为基准信号，如果已知基准信号不存在，则输出确定信号作为基准信号给减法器 105。该减法器 105 通过将组合器 102 发送出的接收信号减去开关 104 发送出的接收信号产生误差信号。

30

在波束形成之前, 自适应控制部分 106 利用误差信号和接收信号进行自适应控制获得每个波束形成器 101 使用的天线加权系数。作为自适应控制, 通常使用最小均方差 (MMSE) 控制。作为利用误差信号的天线加权系数自适应更新算法, LMS (最小均方)、NLMS (归一化 LMS) 和 RLS (递归最小平方)

5 算法是公知的。

图 9 表示各个路径的波束形成器形成的波束方向图增益。图 9 表示了两个路径的情况。在此情况下, 高增益指向所希望信号的各个路径方向, 同时干扰信号方向的增益被抑制得很低。在使用自适应控制的阵列天线中, 一个波束被指向所希望信号方向, 而增益非常低的点 (零点) 被指向干扰方向, 以使接收

10 SINR (信号对干扰加噪声之比) 最大。

在 1997 年 12 月的 IEICE Trans. vol. E80-A, 第 2445-2454 页“用于 DS-CDMA 移动无线电反向链路的导频码元辅助定向判决相干自适应阵列分集” (参考文献 1) 和 1998 年 8 月的 Technical Report of IEICE, RCS 99-100 “利用 W-CDMA 反向链路瑞克组合的路径的公共天线加权的相干自适应天线阵列分集接收机性能” (参考文献 2) 中公开了其它的常规自适应天线接收设备。

15

图 7 表示这些方案的基本安排。一个波束形成器 121 接收利用所希望用户扩频码在每个路径定时获得的所希望信号, 并且执行复数加权组合以形成每个路径的方向性波束。一个组合器 122 组合来自各个波束形成器 121 的输出。一个确定单元 123 确定具有最高概率的传输信号为接收信号。

20 如果出现已知基准信号就切换开关 124, 输出已知基准信号作为基准信号, 如果没有出现已知基准信号就输出确定信号作为基准信号给乘法器 125。乘法器 125 将开关 124 输出的基准信号与求平均部分 130 输出的基准信号电平相乘。一个减法器 126 通过将乘法器 125 的输出减去接收信号产生一个误差信号。

25 一个自适应控制部分 127 在波束形成之前利用乘法器 125 输出的误差信号和接收信号进行自适应控制获得波束形成器 121 使用的天线加权系数。按照上述参考文献, 天线加权系数利用 NLMS 算法更新。

根据波束形成器 121 输出的传输信道估计值计算一个基准信号电平 $A(n)$ 。一个接收电平检测部分 128 从对应的传输信号估计值检测每个路径的接收

30 收电平, 并且输出到一个加法器 129。加法器 129 将接收电平检测部分 128 输

出的各个路径接收电平相加。求平均部分 130 平均从加法器 129 输出的总电平并且输出产生的数值给乘法器 125。有/没有求平均部分 130 或其求平均时间可以任意确定。

图 8 表示接收电平检测部分 128 的例子。参照图 8, 一个幅度检测部分 141 检测传输信道估计值 (复数) 的绝对值 (幅度)。一个求平方部分 142 计算幅度检测部分 141 输出的平方 (功率)。基准信号电平 $A(n)$ 通过公式给出:

$$A(n) = \sum_{n=0}^{N_{AVR}} \sum_{i=0}^{L-1} |h(i,n)|^2 \quad (1)$$

其中 N_{AVR} 是求平均部分 130 的求平均时间。

常规自适应天线接收设备由于天线加权系数被长期求平均的低速 MMSE 自适应控制呈现良好稳态特性。在高速衰落环境等中, 由于衰落而不能校正幅度和相位的误差。为此, 为了校正误差, 一个传输信道校正部分连接到每个波束形成器的输出端。

但是, 针对接收电平误差, 当规定值用作基准信号时, 在接收信号和基准信号之间产生电平差, 导致所希望信号自身的误差。这引起不稳定工作。如果高速发射功率控制 (TPC) 一起使用, 所希望信号在初始收敛过程的短时间内被抑制, 并且 TPC 发散。

按照接收电平确定基准信号的方法, 当波束形成之后的接收电平用作基准信号时, 基准信号电平由于波束增益减少而降低, 如同现有技术那样。为此, 因为没有调节波束增益方向的功率, 该增益长期减少。因此在该方法中, 跟踪所希望信号到达方向改变的能力可能减弱。

该跟踪能力可以通过对基准信号电平求平均而改善。该操作等于将信号电平求平均时间 N_{AVR} 设置很长。如果该求平均时间被设置为长, 接收电平中的偏差不能快速处理。该方法因此等效利用规定值的方法。

发明概述

本发明的目的是提供一种自适应天线接收设备, 该设备通过按照接收电平快速改变基准信号能够稳定自适应控制。

为实现上述目的, 按照本发明, 提供一种自适应天线接收设备, 通过多个天线从相同载波的多个用户接收多路信号, 并且通过自适应地形成天线方向性波束接收所希望用户信号同时抑制其它用户的干扰信号, 该设备包括确定装

置，用于确定基准信号电平以根据波束形成之前每个天线的接收电平产生天线自适应控制使用的误差信号，多个自适应控制装置，根据通过各个天线所接收多路信号和确定装置输出的误差信号计算各个路径的天线加权系数，和多个波束形成器，用于接收所接收的多路信号并且按照自适应控制装置输出的天线加权系数形成各个路径的天线方向性波束。

附图的简要说明

- 图 1 是表示按照本发明第一实施例的自适应天线接收设备的方框图；
 图 2 是图 1 中波束形成器的方框图；
 图 3 是图 1 中接收电平检测部分的方框图；
 10 图 4 是表示按照本发明第二实施例的自适应天线接收设备的方框图；
 图 5 图 4 中接收电平检测部分的方框图；
 图 6 是表示常规自适应天线接收设备的方框图；
 图 7 是表示另一个常规自适应天线接收设备的方框图；
 图 8 是图 7 中接收电平检测部分的方框图；
 15 图 9 是表示自适应天线接收设备中波束方向图例子的图。

最佳实施例的描述

图 1 表示按照本发明第一实施例的自适应天线接收设备。参照图 1，自适应天线接收设备具有 L 个路径处理部分 10-1 到 10-L，对应移动通信环境中多径传播信道的路径数量。该自适应天线接收设备为各个 L 个路径形成方向性波束以接收信号，并且将接收信号组合以获得高质量接收信号。路径处理部分 10-1 到 10-L 具有相同的安排。每个部分包括一个波束形成器 1、自适应控制部分 7 和接收电平检测部分 8。

波束形成器 1 接收在每个路径定时利用所希望用户扩频码获得的解扩频信号，并且执行复数加权组合以形成每个路径的方向性波束。

25 一个组合器 2 组合相应的波束形成器 1 的输出。一个确定单元 3 确定具有最高概率的传输信号为接收信号，并且输出用户确定码元。一个开关 4 被切换，如果出现已知基准信号就输出已知基准信号作为基准信号给乘法器 5，如果没有出现已知基准信号就输出确定信号作为基准信号给乘法器 5。乘法器 5 将开关 4 输出的基准信号与组合器 9 的输出相乘，并且输出所产生数值给减法器 6。
 30 减法器 6 通过将乘法器 5 发送的输出减去组合器 2 发送的输出产生一个误差信

号。

自适应控制部分 7 利用减法器 6 输出的误差信号和波束形成之前的接收信号通过自适应控制获得每个波束形成器使用的天线加权系数。例如，在自适应控制中，通过使用 NLMS 算法获得的天线加权系数 $W_{NLMS}(i, j, n)$ (这里的 i 是路径数量, j 是天线数量, 而 n 是码元数量) 通过使用下列公式 (2) 更新:

$$W_{NLMS}(i, j, n+1) = W_{NLMS}(i, j, n) + \frac{\lambda_{NLMS}}{P(i, n)} X(i, j, n) h_n(i, n) e^*(n) \quad (2)$$

其中 $x(i, j, n)$ 是每个天线接收信号的解扩信号, $P(i, n)$ 是各个路径的各个天线的解扩信号总功率, $h_n(i, n)$ 是以幅度 1 归一化的传输信道估计值, 该值通过利用每个波束形成器 1 提供的传输信号估计值计算出, 和 λ_{NLMS} 是 NLMS 的步进大小。

作为自适应控制部分 7 中更新天线加权系数的方法, 除了公式 2 表示的方法外可使用各种算法和修改。可是, 它们都没有直接与本发明的特点有关, 因此对这些方法的详细说明将省略。在公式 2 中, $e(n)$ 代表误差信号, 该信号通过下列公式给出

$$e(n) = A(n) Z_R(n) - Z(n) \quad (3)$$

其中 $Z(n)$ 是接收信号, 而 $Z_R(n)$ 是基准信号 (确定信号或已知基准信号), 而 $A(n)$ 是基准信号电平。

基准信号电平 $A(n)$ 根据每个天线接收的信号计算并且输出给波束形成器 1。接收电平检测部分 8 从每个天线的传输信道估计值检测每个路径的接收电平并且输出检测出的电平给组合器 9。组合器 9 组合各个路径的接收电平并且输出产生的数值给乘法器 5。

标号 11 代表基准信号电平确定部分, 用于确定基准信号电平以产生天线自适应控制使用的误差信号。基准信号电平确定部分 11 包括组合器 2 和 9, 确定单元 3, 开关 4, 乘法器 5, 减法器 6 和接收电平检测部分 8。

图 2 表示了波束形成器 1 的例子。波束形成器 1 基本上包括复数乘法器 61-1 到 61-N (N 是天线单元的数量) 和一个组合器 62。一个传输信道校正部分 66 包括一个传输信道估计部分 63, 复数共轭部分 64 和复数乘法器 65, 并且利用组合器 62 输出的接收信号校正传输信道中的幅度和相位偏离, 由此实现波束形成。

当传输信道改变低时不需要该功能。在此情况下, 传输信道中的幅度和相

位改变偏离可以通过天线加权系数自身校正。如果传输信道改变很快, 根据自适应控制的天线加权系数更新速度太低不能执行满意的传输信号校正。为此, 单独准备了传输信道校正功能, 执行根据长期平均的波束形成以仅仅跟踪信号的到达方向而不执行使用天线加权系数的所希望信号传输信道校正。

5 尽管传输信道校正部分 66 不直接与波束形成功能相关, 为了描述方便该波束形成器 1 包括该部分。传输信道估计部分 63 输出的传输信道估计值也用于自适应控制部分 7。

图 3 表示了接收电平检测部分 8 的例子。传输信道估计部分 41 根据输入解扩信号执行每个天线单元的传输信道估计以获得传输信道估计值 (复数)。一个幅度检测部分 42 检测传输信道估计部分 41 输出的传输信道估计值 (复数) 10 的绝对值 (幅度)。一个天线单元之间求平均部分 43 对天线之间的各个天线的接收电平求平均, 该接收电平是幅度检测部分 42 的输出。一个平方部分 44 计算天线单元之间求平均部分 43 输出的平方 (功率)。由下列公式给出基准信号电平 $A(n)$

$$15 \quad A(n) = \sum_{i=1}^L \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |h_{\text{EL}}(i, j, n)| \right)^2 \quad (4)$$

其中 $h_{\text{EL}}(i, j, n)$ 是每个天线单元的传输信道估计值 (复数)。不必对所有单元 N 执行由传输信道估计部分 41 和天线单元之间求平均部分 43 所执行的处理, 设计这些处理时考虑 SINR 改善特性和计算量。

按照该实施例, 在波束形成之前基准信号乘以每个天线的信号电平, 而波束形成之前的每个天线的接收电平不受波束增益的影响。因此, 该电平优选地 20 用作基准信号电平的基准。尽管波束形成之前每个天线所接收信号的 SINR 被认为低, 可以通过在天线单元之间对电平求平均改善 SINR。

图 4 表示按照本发明第二实施例的自适应天线接收设备。第二实施例与第一实施例不同点在于为每个路径产生自适应控制的误差信号。更具体地, 每个 25 处理部分 31-1 到 31-L 除了波束形成器 21、自适应控制部分 29 和接收电平检测部分 30 之外还包括一个归一化部分 25, 乘法器 26 和 27, 和减法器 28。波束形成器 21、一个组合器 22、一个确定单元 23 和一个开关 24 具有与第一实施例中的波束形成器 1、组合器 2、确定单元 3 和开关 4 相同的功能。

归一化部分 25 以幅度 1 对波束形成器 21 输出的传输信道估计值进行归一

化并且输出产生值给乘法器 26。乘法器 26 将归一化部分 25 的输出（归一化的传输信道估计值）与开关 24 的输出（基准信号）相乘。乘法器 27 将乘法器 26 的输出（已经进行相位校正的基准信号）与接收电平检测部分 30 的输出（基准信号电平）相乘。减法器 28 将每个路径的接收信号（图 2 中校正之前的波束形成器输出）减去乘法器 27 发送的输出（基准信号）产生误差信号。

自适应控制部分 29 利用误差信号和波束形成之前每个天线所接收信号进行自适应控制获得波束形成器 21 使用的天线加权系数。在自适应控制部分 29-1 到 29-L 的例子中，使利用 NLMS 算法所获得的天线加权系数 $W_{NLMS}(i, j, n)$ （其中 i 是路径数量， j 上天线数量，而 n 是码元数量）由下列公式更新

$$W_{NLMS}(i, j, n+1) = W_{NLMS}(i, j, n) + \frac{\lambda_{NLMS}}{P(i, n)} X(i, j, n) e^*(i, n) \quad (5)$$

其中 $x(i, j, n)$ 是每个天线接收信号的解扩信号， $P(i, n)$ 是各个路径的各个天线的解扩信号总功率，和 λ_{NLMS} 是 NLMS 的步进大小。

作为自适应控制部分 29 中更新天线加权系数的方法，除了公式 5 表示的方法外可使用各种算法和修改。可是，它们都没有直接与本发明的特点有关，因此对这些方法的详细说明在此省略。在公式 5 中， $e(n)$ 代表误差信号，该信号由下列公式给出

$$e(n) = A(i, n) h_n(i, n) Z_R(n) - Z(i, n) \quad (6)$$

其中 $Z(i, n)$ 是每个路径的接收信号，即相位校正之前的波束形成器输出， $Z_R(n)$ 是作为确定信号或已知基准信号的基准信号，而 $A(i, n)$ 是每个路径的基准信号电平。

基准信号电平 $A(i, n)$ 根据每个天线接收的信号计算并且输出给波束形成器 21。接收电平检测部分 30 从每个天线的传输信道估计值检测每个路径的接收电平。

标号 31 代表基准信号电平确定部分，用于确定基准信号的电平，根据波束形成之前的每个天线接收电平产生用于天线自适应控制的误差信号。基准信号电平确定部分 31 包括组合器 22，确定单元 23，开关 24，归一化部分 24，乘法器 26 和 27，减法器 28，和接收电平检测部分 30。

图 5 表示接收电平检测部分 30 的例子。一个传输信道估计部分 51 根据输入解扩信号执行每个天线单元的传输信道估计以获得传输信道估计值（复数）。一个幅度检测部分 52 检测传输信道估计部分 51 输出的传输信道估计值（复数）

的绝对值（幅度）。一个天线单元之间求平均部分 53 对天线之间的各个天线的接收电平求平均，该接收电平是幅度检测部分 52 的输出，并且输出产生值给乘法器 27。每个路径的基准信号电平 $A(i, n)$ 由下列公式给出

$$A(i, n) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |h_{\text{EL}}(i, j, n)| \quad (7)$$

- 5 其中 $h_{\text{EL}}(i, j, n)$ 是每个天线单元的传输信道估计值（复数）。不必一直对所有单元 N 执行由传输信道估计部分 51 和天线单元之间求平均部分 53 所执行的处理，设计这些处理时考虑 SINR 改善特性和计算量。

- 当传输信道改变很快而自适应控制太慢不能执行满意的传输信道校正时，本发明特别有效，即为波束形成器 1 单独准备了传输信道校正部分 66。可是，
10 本发明不限于此，也可以应用于传输信道改变可以通过天线加权系数自身校正的情况，即波束形成器 1 不包括传输信道校正部分 66（该自适应天线具有一个基本安排）。

- 在每个上述实施例中，CDMA 信号被用作乘法信号。可是，本发明不限于使用 CDMA 信号的情况。例如，本发明也可以应用于 FDMA（频分多址）
15 信号，TDMA（时分多址）信号等并非 CDMA 信号用作基准信号的情况。

如上面已经叙述的，按照本发明，由于基准信号在波束形成之前被乘以每个天线信号电平，该基准信号按照衰落环境等的接收电平快速改变，由此稳定了自适应控制。

- 特别是当高速 TPC 一起使用时，本发明可以防止出现在初始收敛过程中
20 抑制所希望信号的现象，和 TPC 发散。这允许自适应控制针对所希望信号到达方向的改变发挥其特有的跟踪能力。

说明书附图

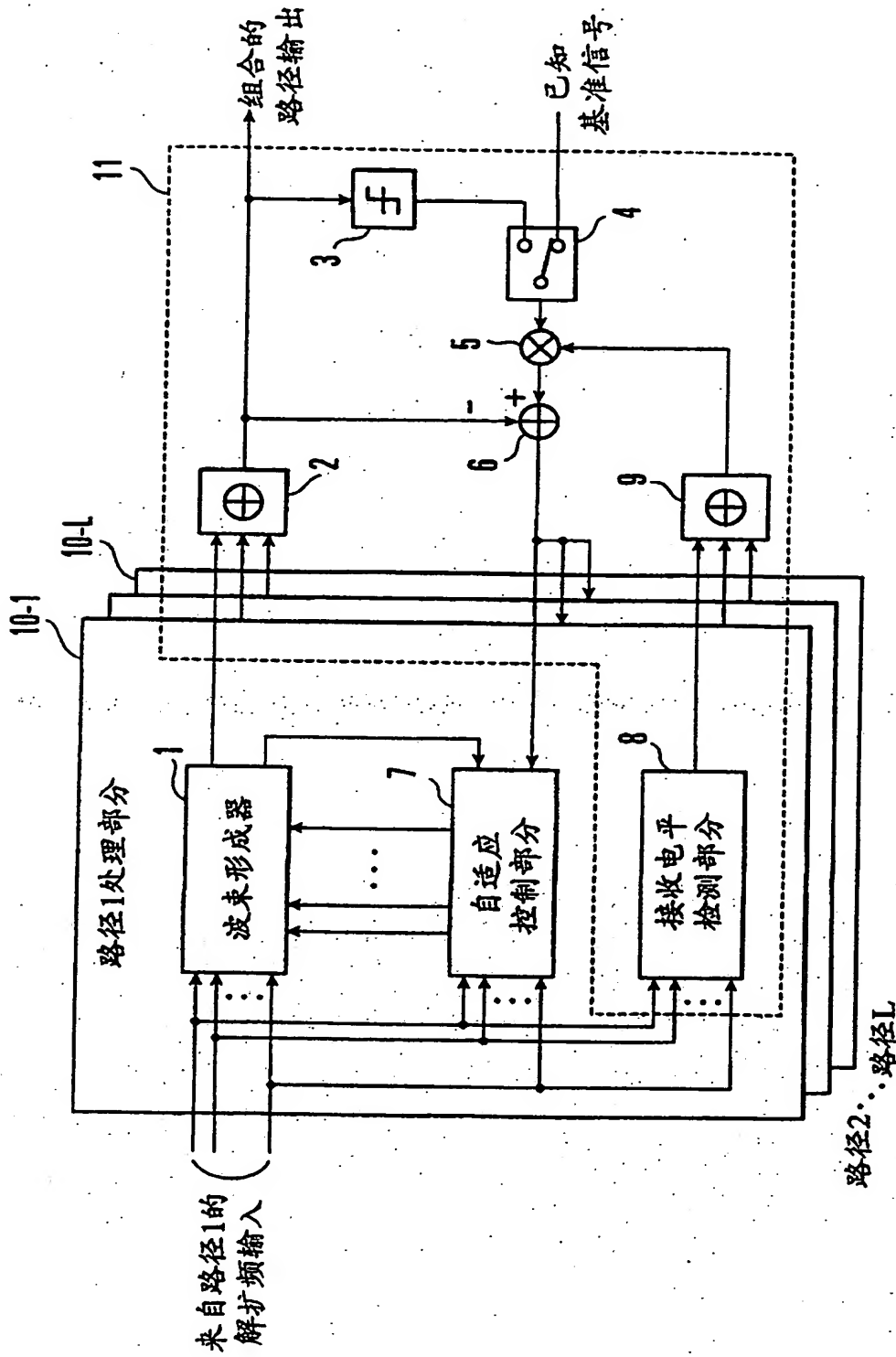


图 1

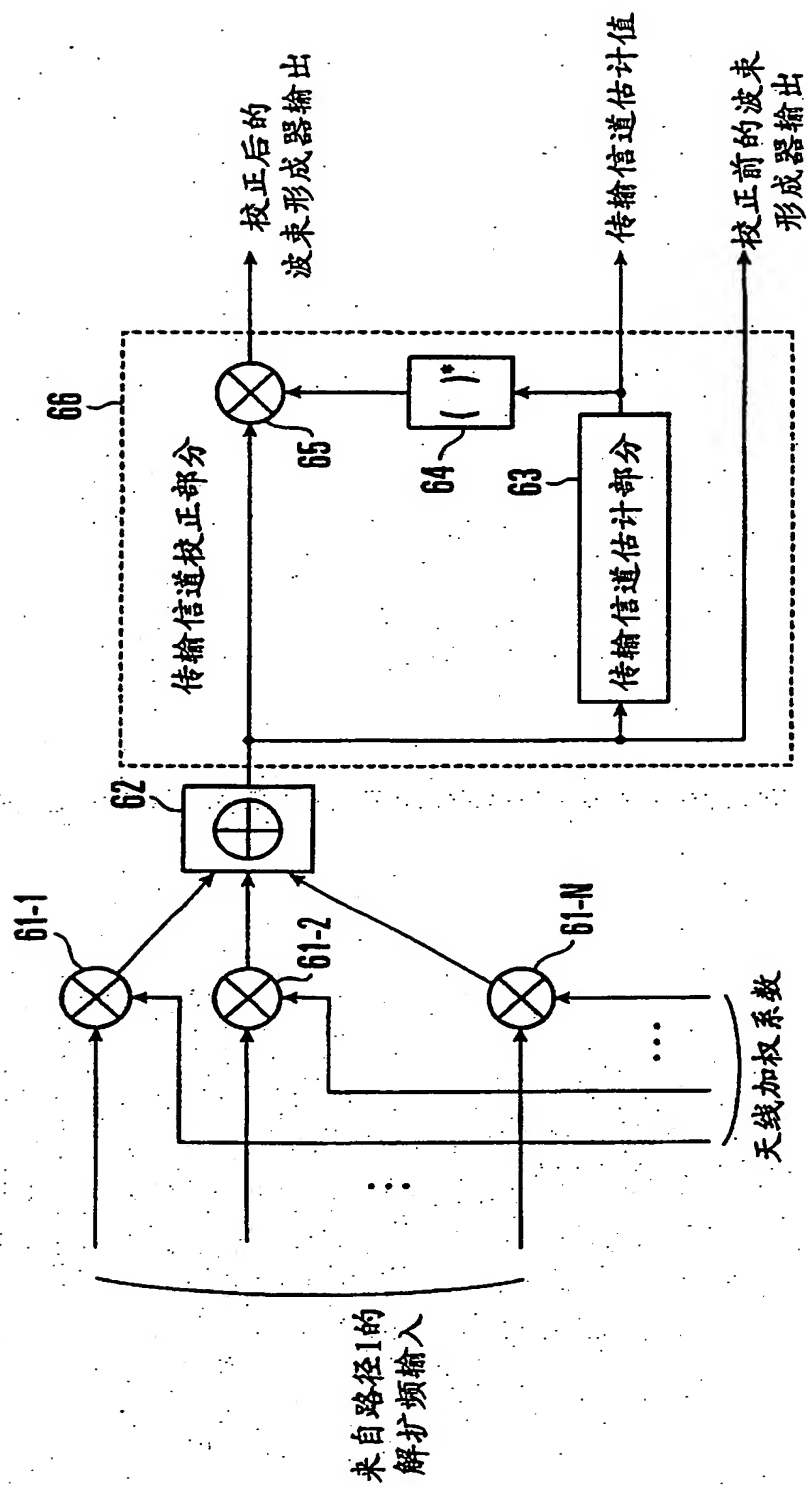


图 2

0 0 0 0

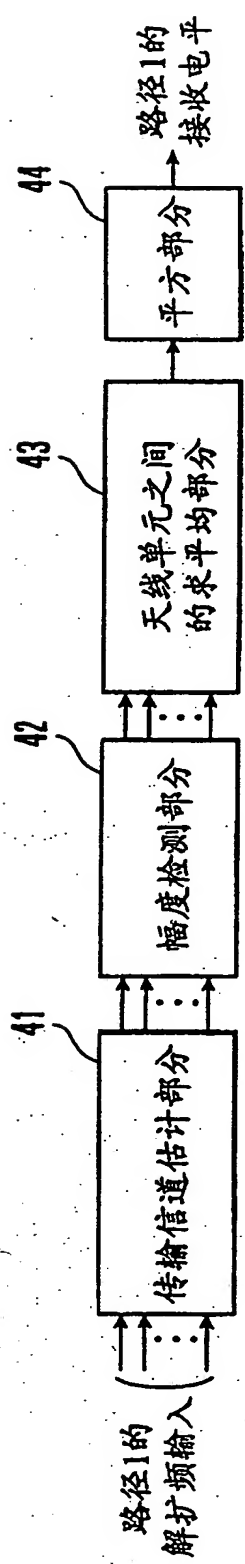


图 3

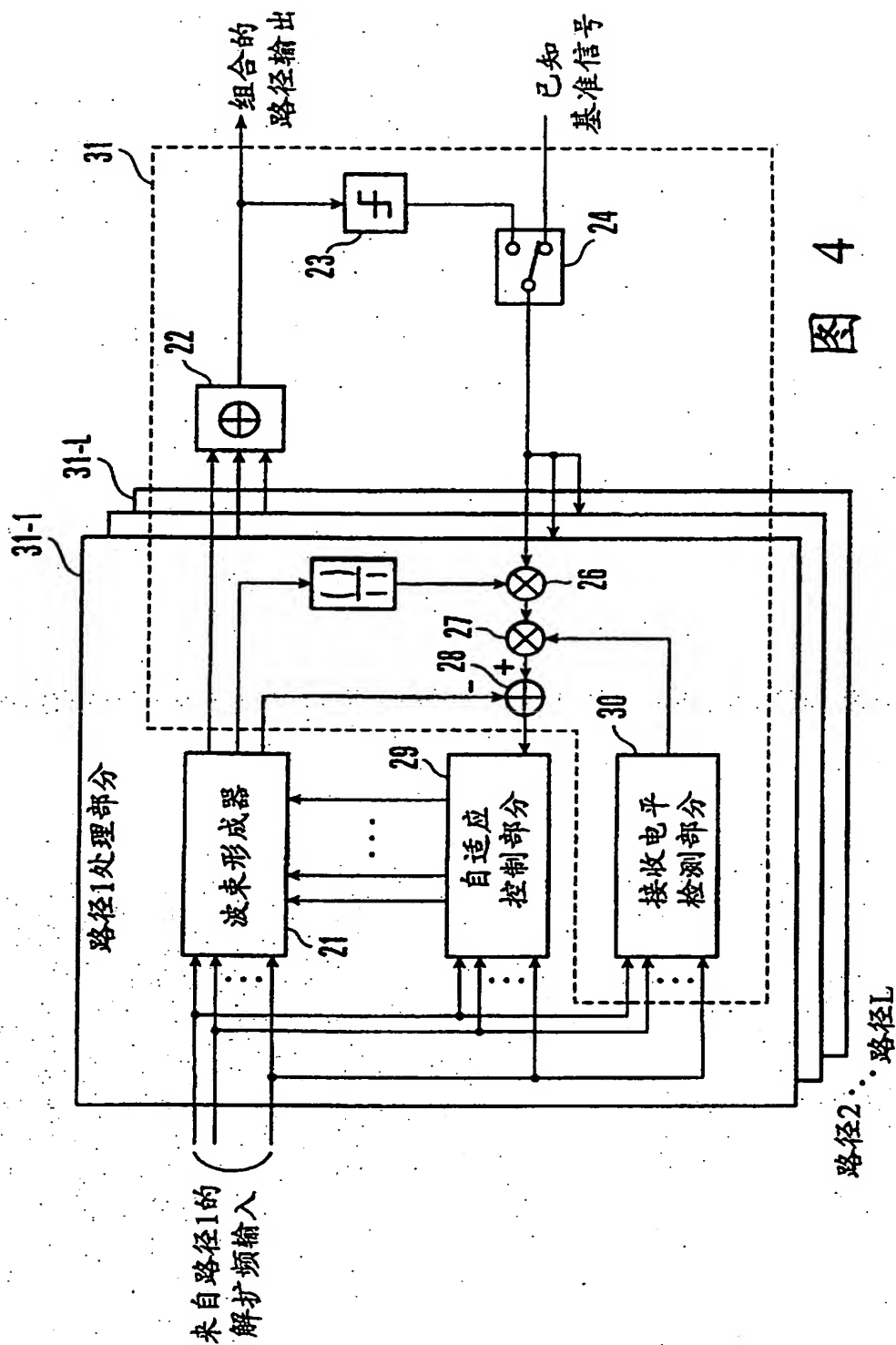


图 4

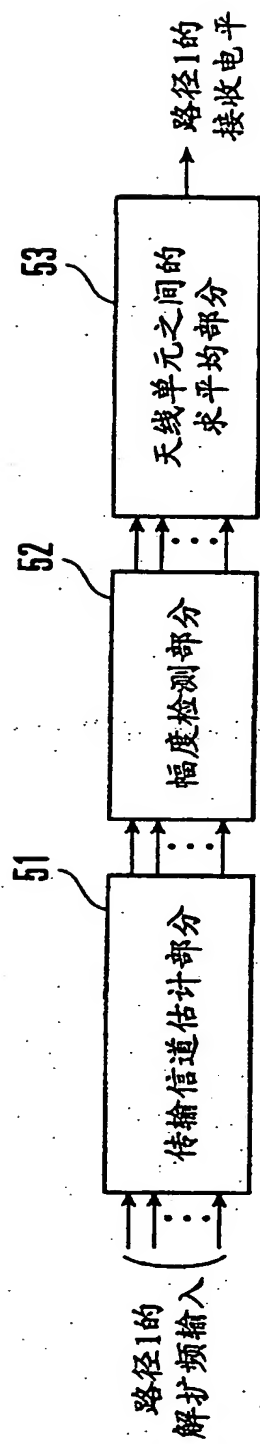
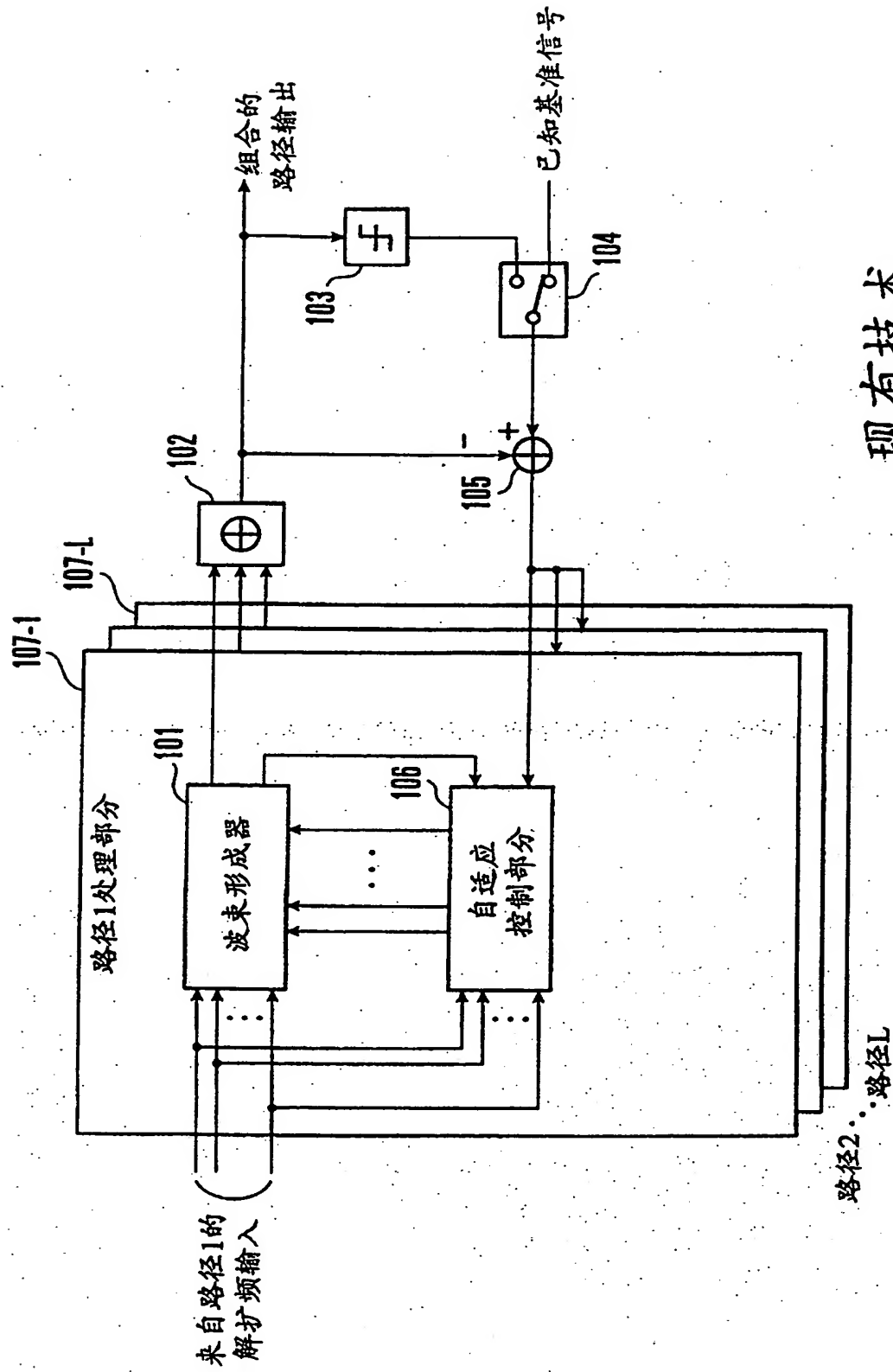
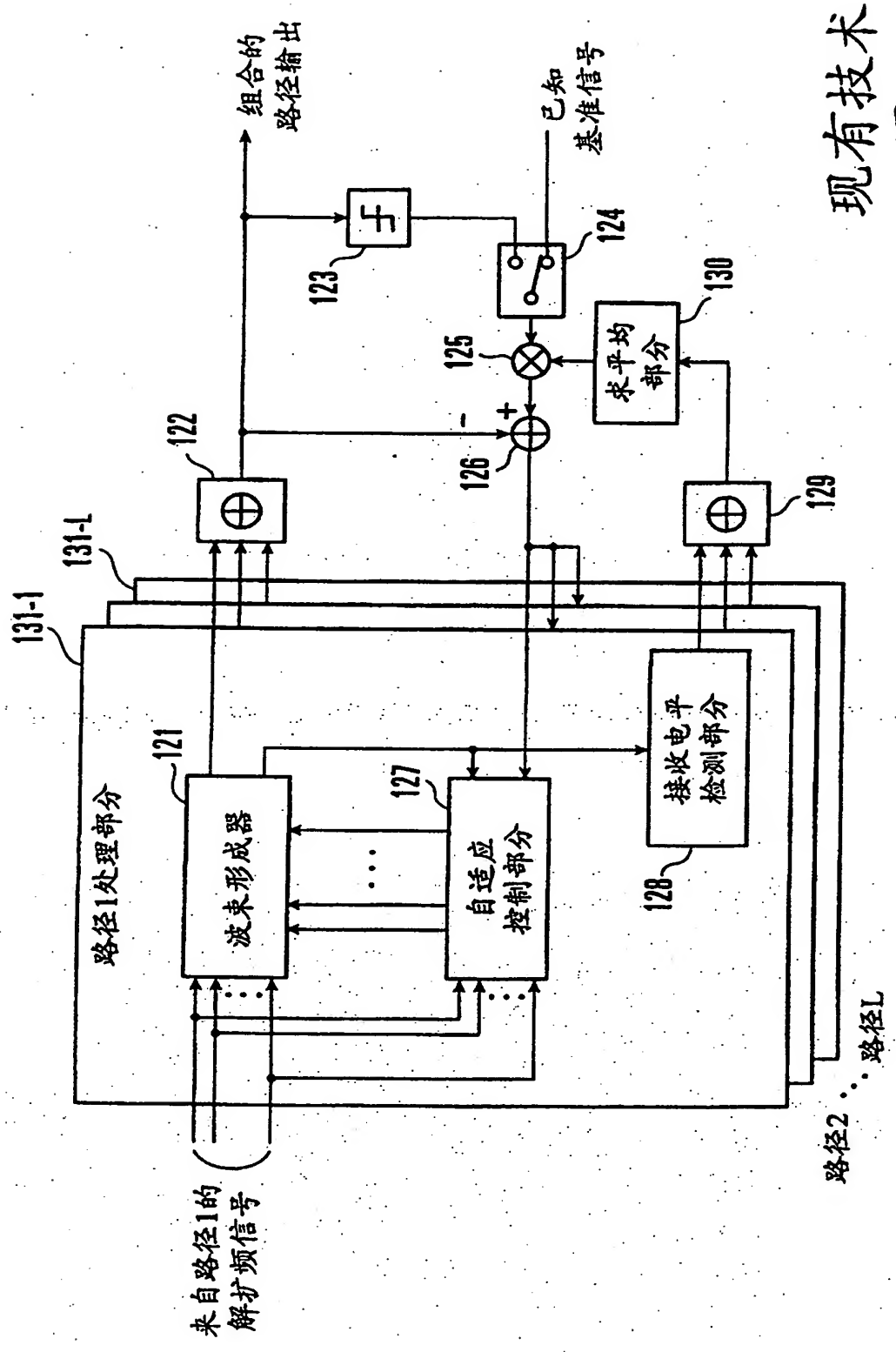


图 5

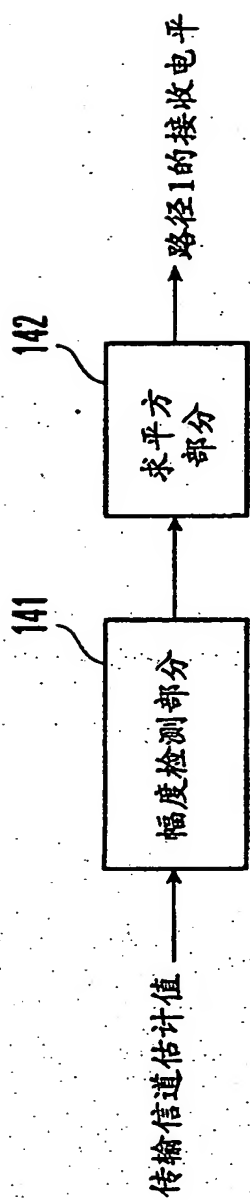


现有技术
图 6

现有技术



现有技术
图7



现有技术
图 8

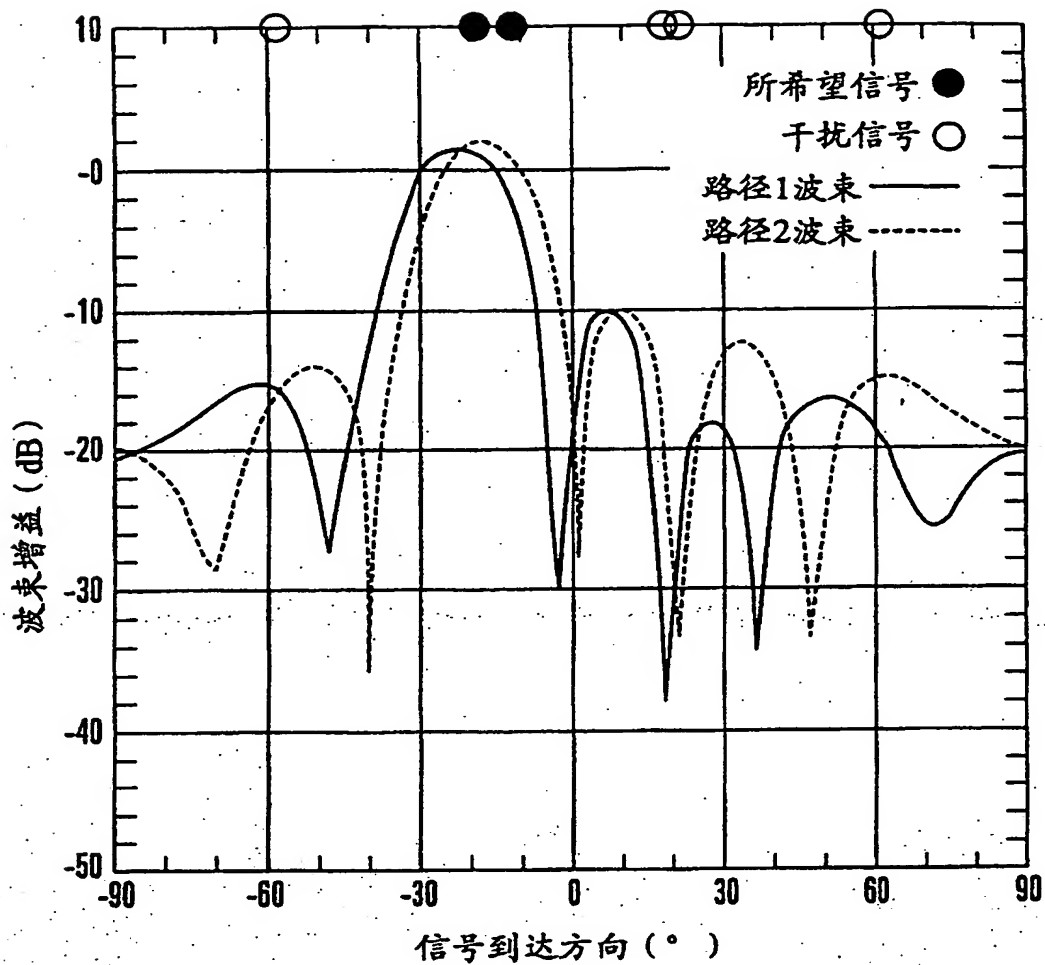


图 9